

WO 2012/157508 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法

技術分野

[0001] 本発明は、大気中における降下煤塵の発塵源を探索する技術に関する。

本願は、２０１１年５月１３日に、日本に出願された特願２０１１－１０８１０５号、および２０１２年３月１４日に、日本に出願された特願２０１２－０５７２９７号に基づき優先権を主張し、これらの内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 原子力発電所が事故により破壊した場合、複数の放射性発塵施設から周囲に拡散する放射性降下煤塵の挙動を把握することは、近年の重要な工業的課題である。また、降下煤塵は、農業、林業等、各種の産業でも発生する。砂丘等の自然界から発生する降下煤塵も無視できない。降下煤塵の発生源となり得る発塵源が多数存在する際に、降下煤塵の評価地点における「降下煤塵量の測定値」に与える影響として、どの発塵源の寄与度が大きいのかを解析する技術は、これら降下煤塵を管理し、対策を講ずる上で重要である。

このような観点から、評価地点において計測された降下煤塵量から、複数の発生源での煤塵の発生量を評価する技術、即ち、降下煤塵の主要な発生源を探索する技術が、特許文献１～４に開示されている。

[0003] まず、特許文献１には、以下の技術が開示されている。即ち、大気条件や気象データ、大気汚染物質拡散の評価範囲の地形データ、等の入力条件からシミュレーションに適したモデルを選定する。また、この入力条件に応じた測定値から調整入力パラメータを選定する。そして、選定したモデルによる解析条件と、選定した調整入力パラメータとから入力データを作成してシミュレーションをし、その結果と放出源測定値データとの偏差を演算し、その偏差が最小となるデータに対応する放出源を推定する。

[0004] また、特許文献２には、以下の技術が開示されている。即ち、大気観測局

において前もって測定された大気中の化学物質濃度が異常高濃度を示さない期間に排出源から放出される平常時排出量と、大気中の化学物質濃度が異常高濃度を示した期間に排出源から放出された化学物質の異常時排出量とを得る。そして、排出源の（平常時排出量－異常時排出量）の2乗の和が最小となる解を求めることにより、大気中の化学物質の異常高濃度の原因となる排出源を特定する。

[0005] また、特許文献3には、以下の技術が開示されている。即ち、複数の粉塵発生箇所の周辺の複数の任意の測定箇所で、適当な期間にわたり、飛散粉塵量及び風向方向を所定時間のピッチで測定する。次に、得られた飛散粉塵量及び風向方向から、測定箇所別に、風向方向毎の平均飛散粉塵量を算出する。次に、複数の粉塵発生箇所及び複数の測定箇所を含む地図上に、各測定箇所を中心として、平均飛散粉塵量が多い複数の風向き方向を作図する。次に、作図した各測定箇所からの風向方向が交わる交点が位置する粉塵発生箇所を、又は、各測定箇所からの風向方向がほぼ一致するときはその風向方向に存在する地図上の粉塵発生箇所を、飛散粉塵の発生源と特定する。

[0006] 特許文献4には、以下の技術が開示されている。即ち、複数項目の大気の汚染状況を測定する一つ又は複数の可搬自立型マルチセンシングユニットを、無線又は有線のネットワーク経由で遠隔制御して複数項目の大気の汚染状況を測定し、その測定データを収集して表示する。

[0007] また、発生源での煤塵の発生量から評価地点での降下煤塵の濃度を評価する際には、通常、プルーム式が用いられる。プルーム式（プルームモデル）とは拡散式の一つであり、移流・拡散を煙流で表現する。風や拡散係数、排出量等を一定としたときの濃度分布の定常解を求めたものである。拡散式とは、発生源から大気中に放出された汚染物質が一定の気象条件下において移流・拡散する状態を推定し、汚染物質の環境中の濃度を予測するための理論計算式のことである（環境庁大気保全局大気環境規制課監修，1997，東洋館出版（東京），P.196から抜粋）。特許文献5には、地表面での吸着のない、点発生源からのガスの大気拡散モデルとして、標準的なプルーム式（1）が示

されている。

$$C(x, y, z) = (Q_p / 2 \pi \sigma_y \sigma_z WS) \exp[-y^2 / 2 \sigma_y^2] \\ \times \{ \exp[-(H_e - z)^2 / 2 \sigma_z^2] \\ + \exp[-(H_e + z)^2 / 2 \sigma_z^2] \} \quad \dots (1)$$

[0008] ここで、式(1)の記号の意味は以下の通りである。尚、これらの記号の意味は、以下の説明でも同じである。以下の記号は、全てSI単位系である。

x, y, z : 評価地点の3次元直交座標(ガス発生源を原点とする)

x : 水平面上で、プルーム中心軸がのびる方向に対応する座標値

y : 水平面上で、プルーム中心軸がのびる方向に垂直な方向(以下の説明では、この方向を必要に応じて「水平方向」と称する)の座標値

z : 鉛直方向の座標値

C : 評価地点(x, y, z)でのガス濃度 [kg/m^3 、または、 m^3/L]

Q_p : ガスの発生量 [kg/s 、または、 m^3/s]

WS : 風速 [m/s]

H_e : ガス発生源の地表面からの高さ [m]

σ_y, σ_z : プルーム拡散幅 [m] (ガスの流れに垂直な方向のガス濃度分布の標準偏差であり、それぞれ、水平方向のもの、鉛直方向のものである)

[0009] 非特許文献1及び非特許文献2には、地表面で吸着のあるガスと、落下速度の小さい微粒子(SPM:Suspended Particulate Matter)とに関するプルーム式(2)が示されている。

$$C(x, y, z) = (Q_p / 2 \pi \sigma_y \sigma_z WS) \exp[-y^2 / 2 \sigma_y^2] \\ \times \{ \exp[-(H_e - z - V_s x / WS)^2 / 2 \sigma_z^2] \\ + \alpha \cdot \exp[-(H_e + z - V_s x / WS)^2 / 2 \sigma_z^2] \\ \} \quad \dots (2)$$

ここで、式(2)の α は、以下の式(3)で表される。

$$\alpha = 1 - 2 V_d / \{ V_s + V_d + (WS \cdot H_e - V_s) / \sigma_z \cdot (d \sigma_z / dx) \} \\ \dots (3)$$

式（３）式の記号の意味は以下の通りである。尚、これらの記号の意味は、以下の説明でも同じである。

V_d ：沈着速度 [m／s]

V_s ：落下速度 [m／s]（S P Mの場合。ガスの場合は０）

[0010] ここで、 σ_y 、 σ_z は、プルーム中心軸に垂直方向の「プルーム拡散幅」を表すための特性値であり、プルーム中心軸垂直方向にガウス分布の濃度分布を仮定した際に濃度が標準偏差となる点とプルーム中心軸との間の距離が用いられる。

また、プルーム式は、式（１）に示されたものに限定されるわけではない。例えば、非特許文献３には、濃度の二重ガウス分布を仮定し、プルーム中心軸に曲線を用いたプルーム式が開示されている。

これらのプルーム式に共通する特徴は、第１に、特定濃度評価地点の濃度値を、評価地点と発生源の座標値、発生源での発生速度、風向・風速等の気象条件等の関数式で表現して、結果を一意に与えることである。第２に、濃度算出にあたって、中心軸を仮定し、中心軸の周囲に「プルーム拡散幅」 σ_y 、 σ_z で特徴づけられる高濃度領域を形成する「プルーム」を設定することである。他の手法とプルーム式の比較を行うと、複数の連立物理方程式を数値的に解いて特定濃度評価地点の濃度値を算出する数値解析手法は、プルームを仮定することなく濃度算出を行う点や算出結果が一意であるとは限らない点から、プルーム式とは異なる。また、特定濃度評価地点の濃度値を評価地点と発生源の座標値、発生源での発生速度、風向・風速等の気象条件等を単に変数化して求めた重回帰式も、プルームを仮定することがないので、プルーム式ではない。

[0011] ここで、式（２）における「 α の乗じられた項」は、ガス又はS P Mの鉛直方向の分布の形状を地表面において対称に反転させることにより、地表面の上方でガスやS P Mが吸着されずに滞留する効果を表現したものであり、ガスやS P Mの地表への吸着の効果は、 α の大小によって調整される。尚、以下の説明において、式（２）における「 α の乗じられた項」を必要に応じ

て「地表面反射項」と称する。

[0012] さらに、評価地点において降下煤塵量を 10 分程度の短時間の周期で測定する技術として、特許文献 6 には以下の技術が開示されている。即ち、上方が開口したろうと状の粒子採取口と、計測装置内を循環する気流路と、気流路の途中に配置された慣性分級器とを用いて、粗大粒子と微小粒子とについて個別に連続的に質量の測定を行う。そして、粗大粒子の質量の測定値から、大気中の降下煤塵の降下速度の推移を算出する。

[0013] しかしながら、前述した従来技術には、以下の問題点があった。

即ち、第 1 の問題点として、発生源を探索する対象の発生物が降下煤塵ではないことが挙げられる。

例えば、特許文献 1 ～ 4 の技術においては、発生源を探索する対象がガスである。特許文献 3 の技術においては、発生源を探索する対象に SPM が含まれているに過ぎない。SPM は、降下煤塵に比べて遥かに小さな粒子であり（定義上、SPM は、直径 $10\ \mu\text{m}$ 以下の粒子である）、その大気中での拡散の挙動は、微小な粒子沈降を生じることを除けば実質的にガスの挙動に等しい。

[0014] 一方、降下煤塵は、SPM に比べて遥かに大きな煤塵粒子であり（直径約 $10\ \mu\text{m}$ 以上の粒子である）、その落下速度が極めて大きい。このため、降下煤塵の大気中での拡散の挙動は、粒子の降下速度に極めて大きな影響を受けることになる。よって、降下煤塵の拡散の挙動はガスとは大きく異なる。

また、ここで観測及び管理対象とする降下煤塵の量は、地表面への降下煤塵の沈着量のことである。特許文献 1 ～ 4 の技術では、評価地点におけるガス及び SPM の濃度を、観測及び管理対象としているため、地表面へのガス及び SPM の沈着速度を直接知ることができない。確かに、前述した式（2）には、沈着速度 V_d が記載されているので、沈着速度 V_d を正確に与えることができれば、評価地点上でのガス及び SPM の濃度を、地表面での沈着量に換算することが可能である。

[0015] しかしながら、非特許文献 1 に記載されているように、SPM の沈着速度

V_d は、地表面の状態や大気の乱流の影響を受けて大きく変動する。また、ガスの沈着速度を一般的に与える手法は開発されていない。したがって、沈着速度 V_d の値を正確に与えることは実際には極めて困難であり、特許文献1～4の技術で降下煤塵を対象とすることは、少なくとも定量的には困難である。

[0016] 第2の問題点として、降下煤塵を対象とした発塵源の探索手法は、従来、存在しなかった。これは、従来の発塵源の探索手法においては、特許文献3に代表されるように、水平面（地表面）内での発塵源の探索を前提としている。このため、従来の発塵源の探索手法においては、粒子の落下速度 V_s が大きく、且つ、地表面での沈着量を問題とする、降下煤塵の発塵源を三次元的に取り扱うことが困難である。特に、特許文献3に示されるような、評価地点から風上方向に発塵源の探索線を伸長する手法の場合、式（2）における地表面反射項（ $\alpha \cdot \exp \left[- \left(H e + z - V_s x / W S \right)^2 / 2 \sigma_z^2 \right]$ ）の影響を定量的に、かつ、一般的に取り扱うことが困難なことから、発塵源の探索線をプルーム式と関連付ける有効な手法は従来、提案されていない。

[0017] 第3の問題点として、前述した従来技術においては、発塵源の探索を行う際に発塵源の位置及びそこでの概略の発生量を予め仮定する手順が必須であることが挙げられる。

例えば、特許文献1及び2の技術においては、まず、予め想定される全ての発塵源及び全ての評価地点について、任意の発塵源での発生量と任意の評価地点での濃度との関係を、前述したプルーム式等の気象条件の関数として予測する。次に、全ての評価地点における濃度の実測値と、濃度の予測値との差が最小となるように、前記関数のパラメータ（ σ_y や Q_p 等）を最適化手法により調整する。したがって、少なくとも、全ての発塵源の位置を予め与える必要がある。また、最適化手法の計算過程の妥当性を確保するためには、各発塵源での概略の発生量も初期条件として予め与えることが一般には望ましい。なぜならば、最適化問題においては、実情から極端に解離した初期条件を与えた場合、実情とは大きく異なる局所安定点に解が収束する場合があ

るからである。

[0018] また、特許文献3の技術においては、複数の粉塵（SPM）の発生箇所等を予め仮定した上で、その周辺の複数の評価地点等でのSPMの濃度を長期間、測定し、この期間内において各評価地点で風向別のSPMの濃度の平均値を求め、SPMの濃度の平均値が最も大きくなる風向の風上方向に、複数の評価地点からそれぞれ水平面（地表面）内に発生源探索線を伸長し、これら発生源探索線の互いに交差した交点の内、粉塵（SPM）の発生箇所の何れかに合致した地点を、特に、粉塵（SPM）の発生量が大きい発生箇所と判定している。

また、特許文献4の技術においては、想定される発生源の近傍に計測機を設けることが前提となるので、発生源は、予め既知でなければならない。

しかしながら、多数の発生源が存在する場合、これら全ての発生源の位置と概略の発生量とを予め全て把握することは、実際には困難であり、もし、可能だとしても、多大な資源を必要とするため好適ではない。また、原子力発電所の事故地のように、そもそも発塵源に近寄ることのできない場合もある。したがって、特許文献1～4の技術では、発生源の数が極めて少数であるか、或いは、発生源の発生量を十分正確に把握し得る環境下でしか有効に適用することはできないという問題がある。

[0019] 第4の問題点として、従来技術において探索の対象とする発生源は、基本的に、発生量が時間的に変動しない定常発生源、又は、発生量が時間平均値の近傍で僅かに時間変動するだけの準定常発塵源である。

例えば、特許文献1及び2の技術では最適化手法を適用するため、一般的には、評価地点数の数を、適用されるブルーム式等の関数の中で調整可能なパラメータの数よりも、多く設定しなければならない。もし、調整可能なパラメータの数が実質的に評価地点の数よりも多ければ、得られる解は、一般に一意に定まらないので、手法として破綻するからである。

[0020] また、多数の発生源が存在する場合、経済性の観点から評価地点の数を発生源の数よりも少なく設定する場合が多い。このような場合でも、発生源を

定常発生源に限定すれば（即ち発生量 Q_p を調整可能なパラメータとはしなければ）、多数の異なる時刻での評価地点における測定値を用いることにより、発生源の数以上の測定値を確保することができ、最適化手法を適用することができる。一方、発生量 Q_p が非定常的に大きく変動する、非定常発生源に対して特許文献1及び2の技術を適用する際には、発生量 Q_p を、調整可能なパラメータとせざるを得ない。このため、多数の発生源を探索の対象とする場合には、発生源の数を超える極めて多数の評価地点を設ける必要があり、経済性の観点から現実的でない。

[0021] また、特許文献3の技術においては、2カ月以上の期間内での離散的に採取された評価地点のSPMの濃度データを平均化して発生源の探索を行う。したがって、発生源は、定常発生源に限定される。

また、特許文献4の技術においては、想定される発生源の近傍に評価地点を配置するので原理的には非定常発生源を探索することができる。しかし、この技術においては、複数の発生源からのガスが特定の評価地点に同時に到達する場合に、複数の発生源の内、どの発生源が卓越した発生源であるのかを判断する方法が開示されておらず、また、想定される全ての発生源の近傍に評価地点を設置することが記載されていない。したがって、この技術で非定常発塵源を探索することが可能なのは、発生源の間の距離が互いに影響を及ぼさない程度に遠い場合に限られる。即ち、この技術は、実質的に発生源と評価地点とが一对一に対応づけられる場合にしか適用できない。

しかしながら、現実の発生源では、一般に発生量が大きく、かつ、時間の経過に伴い変動する。よって、定常発生源や、発生源と評価地点とが一对一に対応づけられる発生源のみを対象とする従来技術では、現実の発生源の探索に対して十分に適用できないという問題があった。

[0022] この他、煤塵が放射性を帯びている場合には、特許文献7～9に開示される手法等で煤塵の α 線、 β 線、又は γ 線等の放射線量を測定することができる。

先行技術文献

特許文献

- [0023] 特許文献1：日本国特開2003-255055号公報
特許文献2：日本国特開2005-292041号公報
特許文献3：日本国特開2004-170112号公報
特許文献4：日本国特開2003-281671号公報
特許文献5：日本国特開2007-122365号公報
特許文献6：日本国特開2008-224332号公報
特許文献7：日本国特開平8-327741号公報
特許文献8：日本国特開平7-35900号公報
特許文献9：日本国特開2009-63510号公報

非特許文献

- [0024] 非特許文献1：浮遊状粒子物質対策検討会（環境庁大気保全局大気規制課監修）：浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル、東洋館出版、1997
非特許文献2：岡本眞一：大気環境予測講義、ぎょうせい、2001
非特許文献3：United States Environment protection agency: EPA-454/R-03-004, 2004

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0025] 本発明は、以上のような事情に鑑みてなされたものであり、発塵量（発塵源における降下煤塵の発生速度）が非定常的に変動する降下煤塵の発塵源を、効率的に且つ正確に探索することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0026] 上記課題を解決するために、本発明者の研究の結果、以下の解決方法を発明するに至った。

（1）本発明の第1様態に係る、降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法は、周期 Δt_d ごとの i_t 番目の時刻を時刻 $t_d(i_t)$ として、互いに異なる少なくとも2つ以上の評価地点における、時刻 $t_d(i_t - 1)$ から時刻 $t_d(i_t)$

）までの期間である期間 $T_d(i_t)$ に降下煤塵を捕集し、単位時間あたりの降下煤塵量 M の測定値を得る煤塵量設定工程と；前記各評価地点のそれぞれの近傍において、前記期間 $T_d(i_t)$ に前記周期 Δt_d よりも短い周期 Δt_{wint} で連続的に風向を測定し、前記期間 $T_d(i_t)$ における代表風向 WD を導出する代表風向導出工程と；前記各評価地点のそれぞれの近傍において、前記期間 $T_d(i_t)$ に前記周期 Δt_{wint} で連続的に風速を測定し、前記期間 $T_d(i_t)$ における代表風速 WS を導出する代表風速導出工程と；前記各評価地点のそれぞれの近傍において、前記期間 $T_d(i_t)$ に前記周期 Δt_{wint} で連続的に前記降下煤塵の落下速度を測定し、前記期間 $T_d(i_t)$ における代表落下速度 V_s を導出する代表落下速度導出工程と；第 1 の評価地点 i_m を始点とし、前記代表風向 WD の風上方向にのびる中心軸を有するとともに、前記中心軸の周囲に降下煤塵発生源探索領域幅を設けて前記中心軸から垂直方向に前記降下煤塵発生源探索領域幅までの距離の範囲を領域とする第 1 の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_m)$ と、前記第 1 の評価地点 i_m とは異なる第 2 の評価地点 i_n を始点とし、前記代表風向 WD の風上方向にのびる中心軸を有するとともに、前記中心軸の周囲に前記降下煤塵発生源探索領域幅を設けて前記中心軸から垂直方向に前記降下煤塵発生源探索領域幅までの距離の範囲を領域とする第 2 の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_n)$ とを設定する降下煤塵発生源探索領域設定工程と；前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_m)$ 及び前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_n)$ の双方の中に含まれる座標点 p と、前記第 1 の評価地点 i_m との間の第 1 の距離 $L_d(i_m)$ 、および前記座標点 p と前記第 2 の評価地点 i_n との間の第 2 の距離 $L_d(i_n)$ を算出する距離算出工程と；前記座標点 p を含む前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域中心軸の垂直面における前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域の断面積である第 1 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p1} と、前記座標点 p を含む前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域中心軸の垂直面における前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域の断面積である第 2 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p2} とを前記降下煤塵発生源探索領域幅を用いてそれぞれ算出する断面積算出工程と；前記第 1 の発塵源探索領域中心

軸垂直断面積 S_{p1} に比例する第 1 の仮定発塵量 E_1 と、前記第 2 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p2} に比例する第 2 の仮定発塵量 E_2 とを算出する発塵量算出工程と；前記座標点 p を含む全ての降下煤塵発生源探索領域の全ての組み合わせに対して、前記発塵量算出工程において算出された、いずれかの前記第 1 の仮定発塵量 E_1 と前記第 2 の仮定発塵量 E_2 の比が全て所定の上下限閾値の範囲内であれば前記座標点 p を降下煤塵の非定常発塵源であると判断し、一方、前記発塵量算出工程において算出された、いずれかの前記第 1 の仮定発塵量 E_1 と前記第 2 の仮定発塵量 E_2 の比が所定の上下限閾値の範囲外であれば前記座標点 p を降下煤塵の非定常発塵源ではないと判断するとともに、前記座標点 p が前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域と前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域のいずれにも含まれない場合には前記座標点 p での降下煤塵の非定常発塵源の判断を行わない、発塵源判定工程と；を有し、プルーム式において、前記降下煤塵発生源探索領域中心軸を前記プルーム中心軸として、前記プルーム中心軸上の前記第 2 の距離 $L_d(i_N)$ におけるプルーム拡散幅を算出し、算出された前記プルーム拡散幅を、前記降下煤塵発生源探索領域幅として、用いる。

前記代表風向導出工程において、前記代表風向 WD は、前記期間 $T_d(i_t)$ における前記風向の測定値の平均値として導出されてもよい。

前記代表風速導出工程において、前記代表風速 WS は、前記期間 $T_d(i_t)$ における前記風速の測定値の平均値として導出されてもよい。

前記代表落下速度導出工程において、前記代表落下速度 V_s は、前記期間 $T_d(i_t)$ における前記降下煤塵の前記落下速度の測定値の平均値として導出されてもよい。

(2) 本発明の第 2 様態としては、上記第 1 様態に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法において、前記降下煤塵発生源探索領域中心軸が、前記風向の風上方向を水平成分とし、前記降下煤塵の前記代表落下速度 V_s を前記代表風速 WS で除した値 V_s/WS を鉛直勾配として有し；前記プルーム式において、前記降下煤塵発生源探索領域中心軸を前記プルーム中心軸とし

、前記プルーム中心軸上の前記第2の距離 $L_d(i_N)$ における前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y を前記降下煤塵発生源探索領域幅の水平成分として用い、前記プルーム中心軸上の前記第2の距離 $L_d(i_N)$ における前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z を前記降下煤塵発生源探索領域幅の鉛直成分として用いるようにしてもよい。

(3) 本発明の第3様態としては、上記第1様態又は上記第2態様に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法において、前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y 、前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z 、前記プルーム中心軸上の発生源からの距離 x 、発塵量 Q_p 、前記代表速度 WS 、定数 B 並びに、前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y および前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z を用いて定義されるプルーム範囲を、用いて中心軸上距離 x での煤塵濃度 $C(x)$ を表現する以下の式(1)及び(2)(単位は、全てSI単位)、

$$C(x) = B(Q_p / 2\pi\sigma_y\sigma_zWS) \quad (\text{プルーム範囲内}) \quad \dots (1)$$

$$C(x) = 0 \quad (\text{プルーム範囲外}) \quad \dots (2)$$

を、前記プルーム式として用いるようにしてもよい。

(4) 本発明の第3様態としては、上記第3態様に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法において、前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y および前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z のうち、より長い方の2倍を長軸とし、より短い方の2倍を短軸とした楕円を前記プルーム中心軸に垂直なプルーム断面形状とし、前記楕円の内側をプルーム範囲内としてもよい。

(5) 本発明の第4様態としては、上記第1様態～上記第4態様の何れか一項に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法において、前記期間 $T_d(i_t)$

(i_t)内に前記評価地点で捕集された降下煤塵試料の放射線量を測定し、測定した前記放射線量の強度に基づいて降下煤塵を煤塵種ごとに分類する煤塵種分類工程を更に有し；前記捕集された降下煤塵試料のうち、前記煤塵種分類工程で分類されたいずれかの前記煤塵種に対応する部分の降下煤塵の質量

を前記降下煤塵量Mとするようにしてもよい。

発明の効果

[0027] 上記各様態によれば、発塵量が非定常的に変動する降下煤塵の発塵源を、効率的に且つ正確に探索することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の実施形態に係る水平面内に投影したブルームの一例を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係る鉛直面内に投影したブルームの一例を示す図である。

[図3]本発明の実施形態に係る発塵源探索装置の処理の一例を説明するフローチャートである。

[図4]本発明の実施形態に係る発塵源探索領域の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] (本発明の実施形態の特徴)

まず、本発明の実施形態の特徴について説明する。

本発明の実施形態の第1の特徴は、評価地点における降下煤塵を直接、測定することによって降下煤塵の発塵源を探索することができる点である。

[0030] 本発明の実施形態の第2の特徴は、降下煤塵の発塵源の探索にあたって、評価地点から風上方向に伸長させる発塵源探索領域を、ブルーム式と相互に関連付けることによって、発塵源候補における発塵量の情報を得ることができる点である。

具体的には、前述した様に、従来技術においては、式(2)における地表面反射項($\alpha \cdot \exp[-(He+z-V_s x/WS)^2/2\sigma_z^2]$)の取り扱いが困難であった。このため、評価地点から風上方向に伸長させる発塵源探索線を、ブルーム式と相互に関連付けることは困難であると考えられていた。しかし、本発明者らの調査の結果、この地表面反射項が問題となるのは、従来技術が主にガスやSPMを対象としていたためであることを突き止めた。降下煤塵の場合には、粒子の落下速度が大きいために、沈着速度 V_d ≒落下

速度 V_s となるので、地表面での反射の影響は小さく、 $\alpha = 0$ とみなすことができる。したがって、降下煤塵に対する大気拡散式（プルーム式）は、式（2）に $\alpha = 0$ を代入した次の式（4）のようになる。

$$C(x, y, z) = (Q_p / 2 \pi \sigma_y \sigma_z WS) \exp[-y^2 / 2 \sigma_y^2] \\ \times \exp[-(He - z - V_s x / WS)^2 / 2 \sigma_z^2] \quad \dots (4)$$

[0031] ここで、以下の式（5）により座標変換を行うと、式（4）は、以下の式（6）のようになる。

$$Z = z + V_s x / WS - He \quad \dots (5) \\ C(x, y, Z) = (Q_p / 2 \pi \sigma_y \sigma_z WS) \\ \times \exp[-y^2 / 2 \sigma_y^2] \exp[-Z^2 / 2 \sigma_z^2] \quad \dots (6)$$

ここで、式（5）による z から Z への座標変換は、発生源（発塵源）を原点とし、風下方向に、 $\tan^{-1}(V_s / WS)$ （ V_s （粒子落下速度）／ WS （風速））の俯角で、鉛直面内に煤塵プルームの中心軸を設定し、この中心軸を Z 軸として濃度を定義することに対応する。

[0032] プルーム拡散幅 σ_y は、 y 方向での濃度分布の標準偏差である。プルーム拡散幅 σ_z は、 z 方向での濃度分布の標準偏差である。なお、通常、 $V_s \ll WS$ であり、 $V_s \ll WS$ の条件では、 z 方向は Z 方向にほぼ等しいとみなせる。多くの場合、地表面での反射の影響がなければ、 y 方向及び z 方向の濃度分布を正規分布とみなすことができる。このとき、 $y = \sigma_y$ 及び $Z = \sigma_z$ における濃度値は、濃度最大値の 60% であるのに対し、 $y = 2\sigma_y$ 及び $Z = 2\sigma_z$ における濃度値は、濃度最大値の 13% に過ぎない。即ち、 $y > \sigma_y$ 及び $Z > \sigma_z$ の領域において、濃度は急激に低下する。そこで、本発明の実施形態では、プルーム式として、以下の式（7a）、式（7b）を前提とすることにした。

$$[0033] \quad C(x) = B(Q_p / 2 \pi \sigma_y \sigma_z WS) \quad (\text{プルーム範囲内}) \quad \dots (7a)$$

$$C(x) = 0 \quad (\text{プルーム範囲外}) \quad \dots (7b)$$

b)

[0034] ここで、式（7 a）の記号の意味は以下の通りである。

B：比例定数

本手法においては、式（7 a）は、相対値のみを問題とするので、比例定数Bには任意の値（例えば、1）を与えてよい。

また、プルーム範囲内とは、式（4）のようにプルーム垂直方向の濃度分布にガウス分布を仮定した際の濃度が濃度分布の標準偏差の値を示す位置よりも中心軸側の領域をいう。あるいは、より簡便に、 σ_y 、 σ_z の内より長い方の2倍を長軸、短い方の2倍を短軸とした楕円をプルーム断面形状とし、この楕円内をプルーム範囲内としてもよい。さらに、より単純に、以下の式（8）の範囲としてもよい。一方、プルーム範囲外とは、プルーム範囲内以外の領域をいう。

$$\sigma_y \geq y \geq -\sigma_y \quad \text{かつ} \quad \sigma_z \geq Z \geq -\sigma_z \quad \cdots (8)$$

ここで、 σ_y 、 σ_z は、発塵源からの距離 L_0 と周期 Δt_d との関数である（ $\sigma_y [L_0, \Delta t_d]$ 、 $\sigma_z [L_0, \Delta t_d]$ ）。 σ_y 、 σ_z は、 Δt_d を固定して（これを基準期間とする）求められた数表化または図表化された値として、非特許文献1に記載される、Pasquill-GiffordによるものやBriggsによるもの等を用い、 Δt_d の影響を経験式で補正して求められる。 Δt_d の影響を経験式で補正する方法は、非特許文献2に示されるように、 σ_y に、 $([\text{実際に使用する} \Delta t_d]/[\text{基準純時間の} \Delta t_d])^p$ を乗じるものである。

[0035] 煤塵種と煤塵粒径とが与えられれば、粒子落下速度 V_s が終末速度として決まるので、降下煤塵量 $M(x)$ は、濃度 $C(x)$ に、粒子落下速度 V_s を乗じた以下の式（9 a）、式（9 b）で表現できる。

$$M(x) = V_s B (Q_p / 2 \pi \sigma_y \sigma_z W S) \quad (\text{プルーム範囲内}) \quad \cdots (9 a)$$

$$M(x) = 0 \quad (\text{プルーム範囲外}) \quad \cdots (9 b)$$

[0036] 式（9 a）において、一定の風速の条件では、プルーム範囲内の局所の降

下煤塵量 $M(x)$ は、発塵量 Q_p 及びプルーム拡散幅 σ_y 、 σ_z のみによって決まる。また、プルーム拡散幅 σ_y 及び σ_z の値は、 x 及び気象条件の関数として、例えば非特許文献 1 に記載されるパスキル・ギフォードの式で表現できる。したがって、一定の発塵源条件、かつ、一定の気象条件のもとでは、特定の評価地点での降下煤塵量 $M(x)$ を特定の発塵源からの距離 x のみで表現することができる。

次に、式 (9) を用いて、特定の評価地点における発塵源の存在範囲について考える。

図 1 は、特定の評価地点 i_M を原点 O とした水平面内での全体座標系 x' 、 y' (地表面) 上に、 $x' = L_0$ の位置に存在する 2 つの発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} から、評価地点 i_M と同一水平面上に発したプルーム $\alpha(i_{o1})$ 、 $\alpha(i_{o2})$ を投影した図である。このとき、風向 WD は、 x' の負の方向である。プルーム $\alpha(i_{o1})$ 、 $\alpha(i_{o2})$ の位置は、 $x' = 0$ において、それぞれの中心軸 $10a$ 、 $10b$ が地表面に一致すると共に、プルームの水平方向の端部 (プルーム $\alpha(i_{o1})$ では y' のマイナス側端部、プルーム $\alpha(i_{o2})$ では y' のプラス側端部) が原点 O を通過するように、プルーム $\alpha(i_{o1})$ 、 $\alpha(i_{o2})$ を配置している。このプルーム $\alpha(i_{o1})$ 、 $\alpha(i_{o2})$ の配置が、 $x = L_0$ に設定された発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} から、プルーム $\alpha(i_{o1})$ 、 $\alpha(i_{o2})$ が、評価地点 i_M に到達することのできる限界の位置である。即ち、発塵源 i_{o1} の位置が、 y' のプラス側の限界位置であり、発塵源 i_{o2} の位置が、 y' のマイナス側の限界位置である。

[0037] プルーム $\alpha(i_{o1})$ 及び $\alpha(i_{o2})$ の $x' = 0$ における拡散幅 σ_y は、 $\sigma_y(L_0)$ である。よって、 $x' = L_0$ における発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} の間の距離の半幅は、 $\sigma_y(L_0)$ 、即ち、プルーム $\alpha(i_{o1})$ 及び $\alpha(i_{o2})$ の $x' = 0$ における拡散幅 σ_y に一致する。ここで、評価地点 i_M で降下煤塵が計測された際の発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} の位置を推定する場合、水平面内において、発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} が存在し得る範囲は、原点 O と、発塵源 i_{o1} の点とを通過する線、及び、原点 O と発塵源 i_{o2} の点とを通過する線に挟まれた領域 $\gamma(i_M)$ (斜線で示している領域) となる。この領域 $\gamma(i_M)$ が発塵源探索領域である。

[0038] ところで、発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} を配置する $x' = L_0$ の値は任意である。よって、任意の x' の位置において、評価地点 i_M に到達し得る発塵源 i_{o1} 、 i_{o2} の y' 方向の範囲の半幅は、常に $\sigma_y(x')$ となる。即ち、発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ の y' 方向の半幅は、例えば、式 (6) のプルーム式での発塵源と同一水平面上での σ_y と同じ形になる。したがって、水平面内での発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ は、評価地点 i_M から代表風向の風上方向に伸長した中心軸 11 上の、評価地点 i_M からの距離のみの関数で表現される探索領域幅によって設定することができる。

[0039] 図 2 は、特定の評価地点 i_M を原点 O とした鉛直面内での全体座標系 x' 、 z 上に、 $x' = L_0$ の位置に存在する 2 つの発塵源 i_{o3} 、 i_{o4} から、評価地点 i_M と同一鉛直平面上に発したプルーム $\alpha(i_{o3})$ 、 $\alpha(i_{o4})$ を投影した図である。

基本的には、図 1 を参照しながら説明したのと同様の方法で、発塵源探索範囲 $\gamma(i_M)$ は設定される。この際、発塵源探索範囲 $\gamma(i_M)$ の幅は、拡散幅 $\sigma_z(x')$ で表わされる。

尚、降下煤塵は落下するので、鉛直断面において、プルーム $\alpha(i_{o3})$ 、 $\alpha(i_{o4})$ の中心軸 10a、10b 及び発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ の中心軸 11 は、 $\theta (= \tan^{-1}(V_s/WS))$ なる角度で傾斜する。このため、評価地点 i_M の風上方向の地点の内、発塵源 i_{o3} 、 i_{o4} から評価地点 i_M まで降下煤塵が到達し得るのは、評価地点 i_M から風上方向に伸長した領域の一部の領域で発塵したものに限られることになる。この様に、評価地点 i_M から発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ を、風上方向に伸長する発塵源の探索手法において、風上方向の距離の範囲を制限することは、従来法には存在しなかった考え方であり、本手法は、発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ を限定できる点で従来法に対して有利である。

[0040] 以上の様な、降下煤塵量のプルーム式を変形した発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ の単純、かつ、定量的な表現は、従来のガスや SPM を前提としたプルーム式では実現しえなかったものであり、本発明者らが降下煤塵では、落下速度

V_s が比較的大きいことに着目した上で行った一連の洞察によって初めて可能になったものである。

尚、本発明は、式（９）のブルーム式を用いることのみに限定されるものではない。例えば、予め精密な測定を実施して地表面反射項の影響を正確に表現できる場合には、地表面反射項を残したままのブルーム式に基づいて式（９）の σ_z の項に適宜、補正を加えてもよい。

[0041] 本発明の実施形態の第３の特徴は、発塵源や発塵量を必ずしも予め仮定する必要の無い点である。現実の発塵源は、その位置や発塵量の全てが予め知られていない場合が多いので、本発明の実施形態の手法は、現実に応じた発塵源の探索を行える点で有利である。

[0042] 本発明の実施形態の第４の特徴は、非定常発塵源の特定を行うことができる点である。本発明の実施形態の手法では、降下煤塵の量の測定値の取得周期ごと、又は、降下煤塵の量の測定値の取得周期の連続する数周期分の時刻ごとに、その時間帯における主要な発塵源を特定することができる。したがって、降下煤塵の量の測定値の取得周期の数周期分以上の時間スケールで変動する非定常発塵源であれば、これを把握することができる。また、非定常発塵源を特定する際に必要な評価地点の数は、潜在的な発塵源の数よりも十分少なくてもよい。

[0043] 本発明の実施形態の第５の特徴は、評価地点で捕集した降下煤塵を放射性降下煤塵又は非放射性降下煤塵に分類することによって、放射性降下煤塵の非定常発塵源を、放射性発塵源に近寄ることなく、遠方での降下煤塵計測データを用いて特定することができる点である。

[0044] 以下に、図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。尚、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

（第１の実施形態）

まず、本発明の第１の実施形態について説明する。

降下煤塵量計測手段（装置）によって周期 Δt_d ごとに降下煤塵量（降下煤塵の質量）が測定され、降下煤塵量の測定値が、周期 Δt_d ごとに出力される。降下煤塵量計測手段から降下煤塵量が出力される時刻を $t_d(i_t)$ とする。時刻 $t_d(i_t - 1)$ から時刻 $t_d(i_t)$ までの時間（期間）を「期間 $T_d(i_t)$ 」と定義する。ここで、 i_t は、降下煤塵の計測を開始した時刻を0とし、1ずつ増加する整数である。本実施形態では、個々の「期間 $T_d(i_t)$ 」における降下煤塵の発生源を特定するものであり、周期 Δt_d 以上の時間スケール（即ち、発塵継続時間）を有する発塵源を探索の対象とする。

[0045] また、発塵源の探索を実施し得る三次元領域の中に、 x 、 y 、 z なる直交座標系を設定し、各座標軸上において、それぞれ n_x 、 n_y 、 n_z 個の座標成分を設け、前記三次元空間を $n_x \times n_y \times n_z$ 個の座標点 p で代表することにする。ここで、座標点 p は、各座標成分がそれぞれ i_x 番目、 i_y 番目、 i_z 番目である座標点を表す。個々の座標点の位置を、各座標軸上の座標成分の順番 i_x 、 i_y 、 i_z を用いて、 $S_c(i_x, i_y, i_z)$ を原点からの位置ベクトルとして表記する。各座標点 p では、発塵源判断モードとして、「発塵源」、「発塵源でない」、及び「未判定」の3つの内の何れかが設定される。

[0046] 図3のフローチャートを用いて、発塵源を探索する際の発塵源探索装置の処理（発塵源探索処理）の一例を説明する。発塵源探索装置は、例えば、CPU等の演算装置、メモリ、HDD（Hard Disc Drive）、及び各種のインターフェースを備えた情報処理装置（例えば、市販のパーソナルコンピュータ（PC））を用いることにより実現される。例えば、図3のフローチャートは、C言語等のプログラミング言語を用いて実行可能なコンピュータプログラムに翻訳され、予め、HDD等に保存される。情報処理装置における発塵源探索処理の実行時には、CPU等の演算装置によって、HDD等に記憶された前記実行可能なコンピュータプログラムが読み出されて起動し、前記実行可能なコンピュータプログラムの指令に基づいた演算をCPU等の演算装置が順次実行することにより実現される。前記発塵源探索処理の起動タイミングは、手入力で前記実行可能なコンピュータプログラムを起動してよく、

また、定期的に自動的に起動するようにしてもよい。前述したように、本実施形態の発塵源探索装置は、ある時刻において、「期間 $T_d(i_t)$ 」における降下煤塵の発塵源を探索する。

発塵源探索装置において、評価地点・座標点等の位置情報、降下煤塵量・風向・風速等の測定値や煤塵種に関する分析値等の必要入力情報は、情報処理装置に接続されたキーボードやコンソール画面等を用いて、予め人力で入力することができる。入力された前記入力情報は、HDD等に保存され、発塵源探索処理実行の進行に応じて、適宜、読み出される。

発塵源探索装置において、算出された特定座標点に対する非定常発塵源判定結果及び発塵量等の算出結果は、HDD等に保存されるとともに、コンソール画面等に表示することができる。

尚、上記の発塵源探索装置の処理の一部又は全部を手計算等の他の手段に置き換えても何ら問題ない。

[0047] まず、第1工程について説明する。

ステップS101において、発塵源探索装置は、全ての座標点 p において、発塵源判断モードを「未判定」に初期化する。

次に、ステップS102において、発塵源探索装置は、「期間 $T_d(i_t)$ 」における「代表風速 WS と、代表風向 WD と、全ての評価地点（評価地点は、番号 i で区別される。 $n_M \geq i \geq 1$ である）での降下煤塵量 $M(i)$ と、降下煤塵粒子の代表落下速度 V_s 」を設定（入力）する。本実施形態では、例えば、このステップS102において、煤塵量設定工程、代表風向導出工程、代表風速導出工程、及び代表落下速度導出工程が実行される。

[0048] ここで、降下煤塵量 $M(i)$ は、例えば、特許文献6に記載される連続式降下煤塵計を用いて、周期 Δt_d を例えば10分として測定することができる。風向及び風速は、例えば、市販のプロペラ式風向風速計を用いて、周期 Δt_d をよりも短い周期 Δt_{wint} （例えば1秒周期）で測定した値とすることができる。風向の空間分解能は、例えば、 1° 間隔である。代表風向 WD 、代表風速 WS は、例えば、それぞれ、「期間 T_d 」における「風向、風速の測定値

」の平均値を用いることができる。あるいは、代表風向 WD 、代表風速 WS として、風向や風速の瞬時測定値を層別し、「期間 T_i 」における最頻値を生じる層別値を用いてもよい。

[0049] 風向計および風速計は降下煤塵管理地点 i の近傍に設けられる。ここで、「降下煤塵管理地点 i の近傍」とは、風向・風速が降下煤塵管理地点 i の上空における風向・風速と高い相関を示す範囲であればよく、例えば、降下煤塵管理地点 i から 1 km 以内の水平距離とすることができる。地形が単調で風向・風速分布の少ない地域では、これ以上の水平距離を降下煤塵管理地点 i の近傍としてもよい。また、風向・風速の測定点の高さは、例えば、気象庁の推奨する測定高さである、地表面から 10 m を採用することができる。想定される発塵源の高さが 10 m よりも十分に高い場合には、例えば、地表面とこの発塵源高さの中間の高さを測定点の高さとしてもよい。

[0050] また、「期間 $T_i(i_t)$ 」に評価地点で捕集された降下煤塵サンプルを用いて、その平均落下速度を測定し、これを降下煤塵粒子の代表落下速度 V_s として採用することができる。降下煤塵サンプルの落下速度の測定方法としては、例えば、以下の方法がある。即ち、降下煤塵サンプルを密閉容器の上方から放出し、個々の降下煤塵粒子が容器底部に到達する時間をそれぞれ測定し、落下距離を落下時間で除することによって、降下煤塵粒子の代表落下速度 V_s を求めることができる。個々の降下煤塵粒子が容器底部に到達したことを検知するためには、容器底部において、水平方向にシート状のレーザ光を連続的に照射し、降下煤塵がこのレーザ光を通過する際に生じる散乱光を光検知器で検出する等の方法を採用することができる。

[0051] 個々の降下煤塵粒子の落下速度から代表落下速度 V_s を算出する方法としては、全ての降下煤塵粒子の数の 50% の降下煤塵粒子が容器の底に到達した時刻に対応する落下時間を、降下煤塵粒子の代表落下速度 V_s に関わる降下煤塵粒子の落下速度として採用することができる。或いは、降下煤塵の凡その密度と形状とが予め判明している場合には、単に、降下煤塵サンプルの粒径分布を測定することによって、降下煤塵粒子の代表落下速度 V_s を算出するこ

とができる。降下煤塵の粒径から降下煤塵粒子の代表落下速度 V_s を算出する方法として、例えば、次の、ストークスの終末速度の式 (10) を用いることができる。

$$V_s = \{4 g D_p (\rho_p - \rho_f) / 3 \rho_f C_R\}^{1/2} \quad \dots (10)$$

ここで、式 (10) の記号の意味は以下の通りである (単位は、全て S I 単位)。

g : 重力加速度 [m/s^2]

D_p : 粒子径 [m]

ρ_p, ρ_f : 粒子、流体の密度 [kg/m^3]

C_R : 抵抗係数 [ー] (粒子形状に応じて各種の数表が開示されている)

[0052] 次に、ステップ S 103 において、発塵源探索装置は、全ての評価地点 i の水平面 (例えば地上高度 1.5 m) 内の位置を、前記座標系の原点からの位置を示す位置ベクトル $P(i)$ として算出する。

ステップ S 104 において、発塵源探索装置は、全ての評価地点 i において、各評価地点 i に関する発塵源探索領域 $\gamma(i)$ を設定する。図 4 は、発塵源探索領域 $\gamma(i)$ の一例を示す図である。図 4 を参照しながら、発塵源探索領域 $\gamma(i)$ の設定方法の一例を説明する。本実施形態では、例えば、このステップ S 104 において、降下煤塵発生源探索領域設定工程が実行される。

[0053] 図 4 において、 $\gamma(i_M)$ は、図 2 及び図 3 において座標成分ごとに分解して表示した発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ を、等角投影法によって 1 枚の図で表現したものである。図 4 では、絶対座標 (x', y', z) 上に 2 つの評価地点 i_M, i_N を設置し、これら評価地点 i_M, i_N を始点として、代表風向 WD の風上方向に仰角 $\theta (= \tan^{-1}(V_s/WS))$ で、発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ 、 $\gamma(i_N)$ の中心軸を設定する。中心軸上の周りに、水平方向に $2\sigma_y$ 、鉛直方向に $2\sigma_z$ なる幅で楕円断面を形成するように、発塵源探索領域を設定する。

[0054] 次に、第 2 工程及び第 3 工程について説明する。第 2 工程及び第 3 工程は、特定の評価地点 $i (= i_M)$ に対して特定の座標点 p について発塵源の判定

を行う（前記発塵源判断モードをいずれかに設定する）ものである。必要に応じて、評価地点 i 及び座標点 p を変更して同様の判定を行う。

[0055] 第2工程では、まず、ステップS105において、発塵源探索装置は、第1の評価地点 i_M として、未選択の評価地点 i を選択する。

次に、ステップS106において、発塵源探索装置は、座標点 p の内、未選択のものを選択する。

次に、ステップS107において、発塵源探索装置は、座標点 p の位置ベクトル $S_c(i_x, i_y, i_z)$ を定める。座標点 p の位置ベクトル S_c は、座標軸の原点を始点とし、各座標成分がそれぞれ i_x 番目、 i_y 番目、 i_z 番目の座標軸分割点となる点（即ち、 p 点）を終点とするように設定する。ここで、第1の評価地点 i_M に関する第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ を第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ と称し、第2の評価地点 i_N に関する第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ を第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ と称する。

[0056] 次に、ステップS108において、発塵源探索装置は、第2の評価地点 i_N として、未選択の評価地点 i を選択する。

次に、ステップS109において、発塵源探索装置は、ステップS105で選択した第1の評価地点 i_M と、ステップS108で選択した第2の評価地点 i_N とが同じ位置のものであるか否かを判定する。この判定の結果、第1の評価地点 i_M と第2の評価地点 i_N とが異なる位置のものである場合には、ステップS110に進む。一方、第1の評価地点 i_M と第2の評価地点 i_N とが同じ位置のものである場合には、ステップS110～S118を省略して後述するステップS119に進む。

[0057] ステップS110に進むと、発塵源探索装置は、ステップS106で選択した座標点 p が、第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ と第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ との双方に含まれ、かつ、ステップS106で選択した座標点 p の発塵源判定モードが「発塵源でない」以外のモードであるという発塵源判定条件を満たすか否かを判定する。

この判定の結果、発塵源判定条件を（全て）満たす場合には、ステップS

106で選択した座標点 p は、発塵源である可能性がある。この発塵源判定条件を満たす状態は、図4において、第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ と第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ の共通領域41（斜線で示す領域）内に、座標点 p の存在する状態に対応する。このように発塵源判定条件を満たす場合には、ステップS111に進む。一方、発塵源判定条件を満たさない場合には、ステップS111～S118を省略して後述するステップS119に進む。

[0058] ステップS111に進むと、発塵源探索装置は、ステップS106で選択した座標点 p と、ステップS105で選択した第1の評価地点 i_M との間の第1の（最短）距離 $L_d(i_M)$ と、同じくステップS106で選択した座標点 p と、ステップS108で選択した第2の評価地点 i_N との間の第2の（最短）距離 $L_d(i_N)$ とをそれぞれ算出する。本実施形態では、例えば、このステップS108において、距離算出工程が実行される。

座標点 p と第1の評価地点 i_M との間の第1の距離 $L_d(i_M)$ は、例えば、第1の評価地点 i_M のベクトル $P(i_M)$ の終点と、座標点 p の位置ベクトル S_c の終点とを相互に結ぶベクトルのノルムとして算出される。座標点 p と第2の評価地点 i_N との間の第2の距離 $L_d(i_N)$ の算出方法も同様である。

[0059] 次に、ステップS112において、発塵源探索装置は、当該座標点 p における第1の評価地点 i_M に関する第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ の第1の中心軸垂直断面積 S_{p1} と、当該座標点 p における第2の評価地点 i_N に関する第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ の第2の中心軸垂直断面積 S_{p2} を算出する。第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ の第1の中心軸垂直断面積 S_{p1} と、第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ の第2の中心軸垂直断面積 S_{p2} の算出方法は、例えば、拡散幅 σ_y $[L_d]$ 、 σ_z $[L_d]$ の内、大きい方の2倍の値を長軸長とし、短い方の2倍の値を短軸長とする楕円の面積として当該断面積を計算することによって求めることができる。本実施形態では、例えば、このステップS112において、この断面積算出工程が実現される。

[0060] 次に、ステップS113において、発塵源探索装置は、第1の評価地点 i_M から推定される「ステップS106で選択した座標点 p での第1の仮定発塵

量 E_1 」および第2の評価地点 i_N から推定される「ステップS106で選択した座標点 p での第2の仮定発塵量 E_2 」を算出する。本実施形態では、例えば、このステップS113において、この発塵量算出工程が実行される。第1の仮定発塵量 E_1 は、例えば、式(11a)を用いて算出され、第2の仮定発塵量 E_2 は、例えば、式(11b)を用いて算出される。

$$E_1 = B_1 S_{p1} M(i_M) \quad \cdots (11a)$$

$$E_2 = B_1 S_{p2} M(i_N) \quad \cdots (11b)$$

[0061] 式(11a)及び式(11b)において、 B_1 は、係数である。この式(11a)及び式(11b)は、一般的なプルーム式において、局所での濃度は、発生源での発生量に比例し、局所でのプルーム断面積に反比例することと対応している。即ち、もし、ステップS106で選択した座標点 p が発塵源であれば、第1の評価地点 i_M および第2の評価地点 i_N におけるプルーム断面積に反比例した濃度が検出される。よって、発生源での発生量は第1の評価地点 i_M および第2の評価地点 i_N におけるプルーム断面積に反比例するはずである。

[0062] 式(11a)及び式(11b)の B_1 は、本来、気象条件等の多数のパラメータによって変化すべき係数である。しかし、以下に述べる様に、本実施形態では、発塵源の判定にあたって、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比のみを用いる。また、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 は、同じ時刻のデータをもとに算出されるので、前提となる気象条件が共通する。したがって、本実施形態においては、簡易な方法として、 B_1 を定数と設定することができる。

[0063] 第3工程では、まず、ステップS114において、発塵源探索装置は、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R を計算する。第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R は、 E_1/E_2 であっても E_2/E_1 であってもよい。

次に、ステップS115において、発塵源探索装置は、ステップS106で選択した座標点 p が発塵源であるか否かを判定する。具体的に、発塵源探

索装置は、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R が予め設定された上下限閾値の範囲内 ($R_{\max} \geq R \geq R_{\min}$) であるか否かを判定する。本実施形態では、例えば、ステップS 1 1 0とステップS 1 1 5において、発塵源判定工程が実行される。この判定の結果、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R が予め設定された上下限閾値の範囲内であれば、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p は「発塵源」と判定される。一方、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R が予め設定された上下限閾値の範囲外であれば、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p は「発塵源でない」と判定される。

[0064] 上記第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R の上下現閾値間の範囲には1を含むべきであるが、上下現閾値の設定方法は、非定常発塵源判定において必要とされる精度に応じて適宜設定すればよい。即ち、少しでも可能性の存在する非定常発塵源を網羅したいのであれば、上下限閾値範囲を広く設定すればよい（例えば、下限閾値を0.1、上限閾値を1.0に設定する）。あるいは、非定常発塵源である可能性の極めて高い地点のみを抽出したいのであれば、上下限閾値範囲を狭く設定すればよい（例えば、下限閾値を0.8、上限閾値を1.2に設定する）。

[0065] この判定法の根拠は次の通りである。時間スケールが周期 Δt_d 以上の非定常発塵源からの発塵量の変動は、定義上、「期間 $T_d(i_t)$ 」内では十分小さい。したがって、発塵量が他の発塵源に比べて大きい発塵源、即ち、主要発塵源の探索を行う限りにおいては、主要発塵源から発生した降下煤塵は、「期間 $T_d(i_t)$ 」中に到達し得る全ての評価地点 i において支配的であると考えられる。このとき、この「期間 $T_d(i_t)$ 」中に到達し得る評価地点 i が複数存在するのであれば、これらの評価地点 i で観測される降下煤塵量は、発塵源（座標点 p ）と各評価地点 i との間の距離の関数（即ち、プルーム式）に従って、互いに一定の比率を示すはずである。したがって、この条件を満たす座標点 p は、主要発塵源としての可能性が高い。よって、第1の仮定発塵量 E_1 と第2の仮定発塵量 E_2 の比 R が予め設定された上下限閾値の範囲内で

ある場合に、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p が「発塵源」とであると判定する。

[0066] 一方、もし、評価地点 i で観測される降下煤塵量の比がブルーム式から算出される値と大きく異なるのであれば、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p は、「期間 $T_d(i_i)$ 」中に複数の評価地点 i に降下煤塵が到達し得る位置に存在する座標点 p であっても、虚偽の発塵源である可能性が高い。よって、第 1 の仮定発塵量 E_1 と第 2 の仮定発塵量 E_2 の比 R が予め設定された上下限閾値の範囲外である場合に、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p が「発塵源」でないと判定する。

[0067] この判定の結果、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p が発塵源でない場合には、ステップS 1 1 6に進む。一方、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p が発塵源である場合には、後述するステップS 1 1 7に進む。

ステップS 1 1 6に進むと、発塵源探索装置は、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p の発塵源判断モードを「発塵源でない」に設定する。そして、後述するステップS 1 1 9に進む。

一方、ステップS 1 1 7に進むと、発塵源探索装置は、ステップS 1 0 6で選択した座標点 p の発塵源判断モードを「発塵源」に設定する。本実施形態では、例えば、このステップS 1 1 7において、発塵源設定工程が実行される。

次に、ステップS 1 1 8において、発塵源探索装置は、「発塵源」とであると判定された座標点 p における推定発塵量を算出する。推定発塵量は、例えば、「発塵源」とであると判定された座標点 p での発塵源判定（ステップS 1 1 5）に用いた全ての仮定発塵量 E の平均値とすることができる。そして、ステップS 1 1 9に進む。

[0068] ステップS 1 1 9に進むと、発塵源探索装置は、全ての評価地点 i を選択したか否かを判定する。この判定の結果、全ての評価地点 i を選択していない場合には、ステップS 1 0 8に戻る。一方、全ての評価地点 i を選択した場合には、ステップS 1 2 0に進む。

ステップS 1 2 0に進むと、発塵源探索装置は、全ての座標点 p を選択したか否かを判定する。この判定の結果、全ての座標点 p を選択していない場合には、ステップS 1 0 6に戻る。一方、全ての座標点 p を選択した場合には、ステップS 1 2 1に進む。

[0069] ステップS 1 2 1に進むと、発塵源探索装置は、全ての評価地点 i を選択したか否かを判定する。この判定の結果、全ての評価地点 i を選択していない場合には、ステップS 1 0 5に戻る。一方、全ての評価地点 i を選択した場合には、ステップS 1 2 2に進む。

ステップS 1 2 2に進むと、発塵源探索装置は、発塵源の位置と、当該発塵源における推定発塵量とを表示する。そして、図3のフローチャートによる処理を終了する。尚、全ての座標点 p が発塵源と判定されないこともある。この場合には、ステップS 1 2 2において、発塵源探索装置は、その旨を表示する。尚、ここでは、全ての座標点 p 、全ての評価地点 i_M 、 i_N を選択するようにしたが、必ずしもこのようにする必要はなく、これらの一部の選択を行うようにしてもよい。この場合、発塵源判定（ステップS 1 1 5の判定）の対象とならなかった座標点 p では、初期値の「未判定」が発塵源判定モードとして残ることになる。また、発塵源が得られた時点で処理を終了してもよい。

[0070] このように、本実施形態では、評価点 p から風上方向に伸長させる発生源探索領域に、プルーム式の考え方を導入することによって、時間スケールが周期 Δt_d 以上の、降下煤塵の発生源の位置及び発生源での発塵量の特定を的確に実施することが可能となる。よって、少数の評価地点での降下煤塵の計測によって、非定常発塵源を含む発塵源の探索を効率的に、かつ、正確に実施することが可能になる。

[0071] （第2の実施形態）

次に、本発明の第2の実施形態を説明する。

予め、発塵源が地表付近の高さに限定されると判明しているときには、発塵源探索領域を、第1の実施形態でのように三次元の領域ではなく、水平面

内（二次元の領域内）に設定することにより、発塵源の探索の過程を簡略化することができる。

[0072] 具体的には、図3のステップS104において、発塵源探索装置は、第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ および第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ の中心軸の鉛直方向での傾斜を省略し（前述した仰角 θ を 0° とし）、第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ および第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ を二次元化する。

ステップS103、S107における位置ベクトル P 、 S_c も鉛直成分を省略した二次元のベクトルとする。

[0073] 但し、このように第1の発塵源探索領域 $\gamma(i_M)$ および第2の発塵源探索領域 $\gamma(i_N)$ を二次元化する場合であっても、座標点 p における発塵量を算出する際には、煤塵プルームの鉛直方向への拡散の影響を考慮する必要がある。このため、ステップS112において、第1の発塵源探索領域の第1の中心軸垂直断面積 S_{p1} および第2の発塵源探索領域の第2の中心軸垂直断面積 S_{p2} を算出する必要がある。この第1の発塵源探索領域の第1の中心軸垂直断面積 S_{p1} および第2の発塵源探索領域の第2の中心軸垂直断面積 S_{p2} は、既に算出された「第1の距離 $L_d(i_M)$ 、第2の距離 $L_d(i_N)$ における降下煤塵粒子の「水平方向の拡散幅 $\sigma_y[L_d]$ 」を半径とする円の断面積とすることができる。又は、「第1の距離 $L_d(i_M)$ 、第2の距離 $L_d(i_N)$ における降下煤塵粒子の「水平方向の拡散幅 $\sigma_y[L_d]$ 」に対応する「第1の距離 $L_d(i_M)$ 、第2の距離 $L_d(i_N)$ における降下煤塵粒子の「鉛直方向の拡散幅 $\sigma_z[L_d]$ 」を用いて、長軸及び短軸を $2 \times \sigma_y$ 又は $2 \times \sigma_z$ とする楕円の断面積としてもよい。

このような取扱いによって、発塵源の探索に要する計算負荷を低減することができる。

[0074] （第3の実施形態）

次に、本発明の第3の実施形態を説明する。

評価地点にて捕集した降下煤塵の放射線を測定してその強度に基づいて、個々の降下煤塵粒子（のサンプル）、又は、当該降下煤塵粒子（のサンプル

）全体を放射性降下煤塵又は非放射性降下煤塵に分類し、放射性降下煤塵のみ（又は非放射性降下煤塵のみ）を対象にした放射性降下煤塵（又は非放射性降下煤塵）の非定常発塵源を探索することができる。

降下煤塵の放射線強度の測定方法には公知の方法を用いることができる。例えば、特許文献 7～9 に記載される手法を用いることができる。

放射線強度に基づく降下煤塵試料の分類方法には、例えば、前記期間 $T_d(i_t)$ （時刻 $t_d(i_t - 1)$ から時刻 $t_d(i_t)$ までの時間（期間））に各評価地点で捕集された試料中の個々の降下煤塵粒子を 1 個ずつ分離してそれぞれの放射線強度を測定し、放射線強度が所定閾値以上の場合には、当該放射線強度を有する降下煤塵粒子を放射性降下煤塵とし、それ以外を非放射性降下煤塵と分類することができる。この試料全体の質量は、降下煤塵量として測定されているので、前記試料全体の質量に放射性降下煤塵の個数比率（＝[放射性降下煤塵の個数 ÷ (放射性降下煤塵の個数 + 非放射性降下煤塵の個数)]）を乗じた値をこの試料中の放射性降下煤塵の質量とすることができる。あるいは、捕集された特定の降下煤塵粒子の試料全体の放射線強度を測定して、放射線強度が所定閾値以上の場合には、当該試料全体の質量を放射性降下煤塵の質量とし、それ以外の場合には、当該試料全体の質量を非放射性降下煤塵の質量としてもよい。図 3 のステップ S 102 では、このようにして得られた放射性降下煤塵の質量（又は非放射性降下煤塵の質量）が、降下煤塵量 $M(i)$ として設定される。そして、放射性降下煤塵（又は非放射性降下煤塵）について、「発塵源」、「発塵源でない」、及び「未判定」の何れかが設定される。

このような取扱によって、例えば、放射性降下煤塵の非定常発塵源を、放射性発塵源に近寄ることなく、遠方での降下煤塵計測データを用いて特定することができる。尚、放射性降下煤塵及び非放射性降下煤塵の何れを発塵源の探索対象とするかについては、例えば、図 3 のフローチャートを開始する前に、情報処理装置に接続されたキーボードやコンソール画面等を用いて、予め人力で設定（入力）することができる。

[0075] 尚、以上説明した本発明の実施形態は、コンピュータがプログラムを実行することによって実現することができる。また、前記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体及び前記プログラム等のコンピュータプログラムプロダクトも本発明の実施形態として適用することができる。記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM等を用いることができる。

[0076] 以上、本発明の好適な実施形態について説明し、例証したが、これらはあくまで発明の例示であって限定的に考慮されるべきものではなく、追加、削除、置換及び他の変更は本発明の趣旨を逸脱しない範囲で可能である。即ち、本発明は前述した実施形態のみにより限定されるものではない。

産業上の利用可能性

[0077] 本発明は、原子力発電所等の発塵量（発塵源における降下煤塵の発生速度）が非定常的に変動する降下煤塵の発塵源を探索する方法に広く適用でき、降下煤塵の発塵源を、効率的に且つ正確に探索することができる。

符号の説明

- [0078]
- i 評価地点
 - p 発塵源（座標点）
 - WD 風向
 - α 降下煤塵のプルーム
 - γ 発塵源探索範囲
 - 1 0 プルームの中心軸
 - 1 1 発塵源探索領域の中心軸
 - 4 1 発塵源探索領域間の共通領域

請求の範囲

[請求項1]

周期 Δt_d ごとの i_t 番目の時刻を時刻 $t_d(i_t)$ として、互いに異なる少なくとも2つ以上の評価地点における、時刻 $t_d(i_t - 1)$ から時刻 $t_d(i_t)$ までの期間である期間 $T_d(i_t)$ に降下煤塵を捕集し、単位時間あたりの降下煤塵量 M の測定値を得る煤塵量設定工程と；

前記各評価地点のそれぞれの近傍において、前記期間 $T_d(i_t)$ に前記周期 Δt_d よりも短い周期 Δt_{wint} で連続的に風向を測定し、前記期間 $T_d(i_t)$ における代表風向 WD を導出する代表風向導出工程と；

前記各評価地点のそれぞれの近傍において、前記期間 $T_d(i_t)$ に前記周期 Δt_{wint} で連続的に風速を測定し、前記期間 $T_d(i_t)$ における代表風速 WS を導出する代表風速導出工程と；

前記各評価地点のそれぞれの近傍において、前記期間 $T_d(i_t)$ に前記周期 Δt_{wint} で連続的に前記降下煤塵の落下速度を測定し、前記期間 $T_d(i_t)$ における代表落下速度 V_s を導出する代表落下速度導出工程と；

第1の評価地点 i_M を始点とし、前記代表風向 WD の風上方向にのびる中心軸を有するとともに、前記中心軸の周囲に降下煤塵発生源探索領域幅を設けて前記中心軸から垂直方向に前記降下煤塵発生源探索領域幅までの距離の範囲を領域とする第1の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_M)$ と、前記第1の評価地点 i_M とは異なる第2の評価地点 i_N を始点とし、前記代表風向 WD の風上方向にのびる中心軸を有するとともに、前記中心軸の周囲に前記降下煤塵発生源探索領域幅を設けて前記中心軸から垂直方向に前記降下煤塵発生源探索領域幅までの距離の範囲を領域とする第2の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_N)$ とを設定する降下煤塵発生源探索領域設定工程と；

前記第1の降下煤塵発生源探索領域 $\gamma(i_M)$ 及び前記第2の降下

煤塵発生源探索領域 γ (i_N) の双方の中に含まれる座標点 p と、前記第 1 の評価地点 i_M との間の第 1 の距離 $L_d(i_M)$ 、および前記座標点 p と前記第 2 の評価地点 i_N との間の第 2 の距離 $L_d(i_N)$ を算出する距離算出工程と；

前記座標点 p を含む前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域中心軸の垂直面における前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域の断面積である第 1 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p1} と、前記座標点 p を含む前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域中心軸の垂直面における前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域の断面積である第 2 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p2} とを前記降下煤塵発生源探索領域幅を用いてそれぞれ算出する断面積算出工程と；

前記第 1 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p1} に比例する第 1 の仮定発塵量 E_1 と、前記第 2 の発塵源探索領域中心軸垂直断面積 S_{p2} に比例する第 2 の仮定発塵量 E_2 とを算出する発塵量算出工程と；

前記座標点 p を含む全ての降下煤塵発生源探索領域の全ての組み合わせに対して、前記発塵量算出工程において算出された、いずれかの前記第 1 の仮定発塵量 E_1 と前記第 2 の仮定発塵量 E_2 の比が全て所定の上下限閾値の範囲内であれば前記座標点 p を降下煤塵の非定常発塵源であると判断し、一方、前記発塵量算出工程において算出された、いずれかの前記第 1 の仮定発塵量 E_1 と前記第 2 の仮定発塵量 E_2 の比が所定の上下限閾値の範囲外であれば前記座標点 p を降下煤塵の非定常発塵源ではないと判断するとともに、前記座標点 p が前記第 1 の降下煤塵発生源探索領域と前記第 2 の降下煤塵発生源探索領域のいずれにも含まれない場合には前記座標点 p での降下煤塵の非定常発塵源の判断を行わない、発塵源判定工程と；

を有し、

プルーム式において、前記降下煤塵発生源探索領域中心軸を前記プルーム中心軸として、前記プルーム中心軸上の前記第 2 の距離 L_d (

i_N)におけるプルーム拡散幅を算出し、算出された前記プルーム拡散幅を、前記降下煤塵発生源探索領域幅として用いることを特徴とする降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項2] 前記代表風向導出工程において、前記代表風向 W_D は、前記期間 $T_d(i_t)$ における前記風向の測定値の平均値として導出されることを特徴とする、請求項1に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項3] 前記代表風速導出工程において、前記代表風速 W_S は、前記期間 $T_d(i_t)$ における前記風速の測定値の平均値として導出されることを特徴とする、請求項1に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項4] 前記代表落下速度導出工程において、前記代表落下速度 V_s は、前記期間 $T_d(i_t)$ における前記降下煤塵の前記落下速度の測定値の平均値として導出されることを特徴とする、請求項1に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項5] 前記降下煤塵発生源探索領域中心軸は、前記風向の風上方向を水平成分とし、前記降下煤塵の前記代表落下速度 V_s を前記代表風速 W_S で除した値 V_s/W_S を鉛直勾配として有し；

前記プルーム式において、前記降下煤塵発生源探索領域中心軸を前記プルーム中心軸とし、前記プルーム中心軸上の前記第2の距離 L_d

(i_N)における前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y を前記降下煤塵発生源探索領域幅の水平成分として用い、前記プルーム中心軸上の前記第2の距離 $L_d(i_N)$ における前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z を前記降下煤塵発生源探索領域幅の鉛直成分として用いる；

ことを特徴とする請求項1に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項6] 前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y 、前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z 、前記プルーム中心軸上の発生源からの距離 x 、発塵量 Q_p 、前記代

表速度 WS 、定数 B 並びに、前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y および前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z を用いて定義されるプルーム範囲を、用いて中心軸上距離 x での煤塵濃度 $C(x)$ を表現する以下の式（１）及び（２）（単位は、全て SI 単位）、

$$C(x) = B(Q_p / 2\pi\sigma_y\sigma_zWS) \quad (\text{プルーム範囲内})$$

・・・（１）

$$C(x) = 0 \quad (\text{プルーム範囲外})$$

・・・（２）

を、前記プルーム式として用いることを特徴とする請求項１に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項７] 前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y および前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z のうち、より長い方の２倍を長軸とし、より短い方の２倍を短軸とした楕円を前記プルーム中心軸に垂直なプルーム断面形状とし、前記楕円の内側をプルーム範囲内とすることを特徴とする請求項６に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項８] 前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y 、前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z 、前記プルーム中心軸上の発生源からの距離 x 、発塵量 Q_p 、前記代表速度 WS 、定数 B 並びに、前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y および前記鉛直方向プルーム拡散幅 σ_z を用いて定義されるプルーム範囲を、用いて中心軸上距離 x での煤塵濃度 $C(x)$ を表現する以下の式（１）及び（２）（単位は、全て SI 単位）、

$$C(x) = B(Q_p / 2\pi\sigma_y\sigma_zWS) \quad (\text{プルーム範囲内})$$

・・・（１）

$$C(x) = 0 \quad (\text{プルーム範囲外})$$

・・・（２）

を、前記プルーム式として用いることを特徴とする請求項５に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

[請求項９] 前記水平方向プルーム拡散幅 σ_y および前記鉛直方向プルーム拡散

幅 σ_z のうち、より長い方の 2 倍を長軸とし、より短い方の 2 倍を短軸とした楕円を前記プルーム中心軸に垂直なプルーム断面形状とし、前記楕円の内側をプルーム範囲内とすることを特徴とする請求項 8 に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

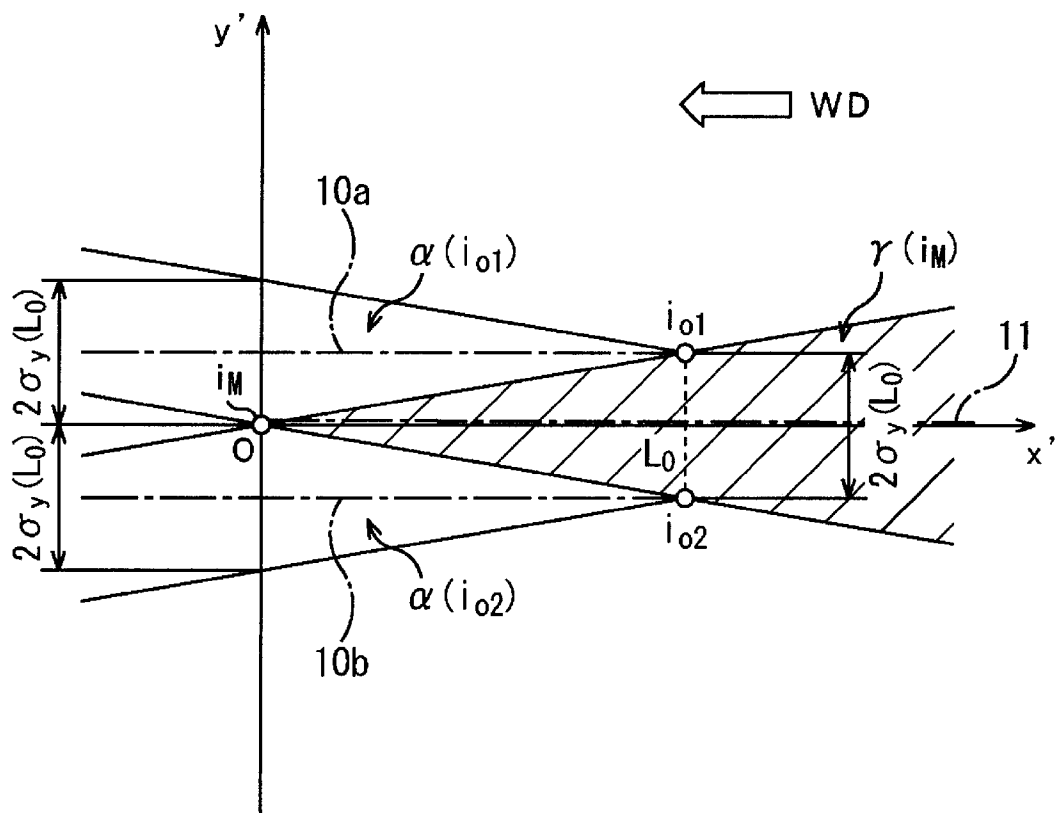
[請求項10]

前記期間 $T_d(i_t)$ 内に前記評価地点で捕集された降下煤塵試料の放射線量を測定し、測定した前記放射線量の強度に基づいて降下煤塵を煤塵種ごとに分類する煤塵種分類工程を更に有し；

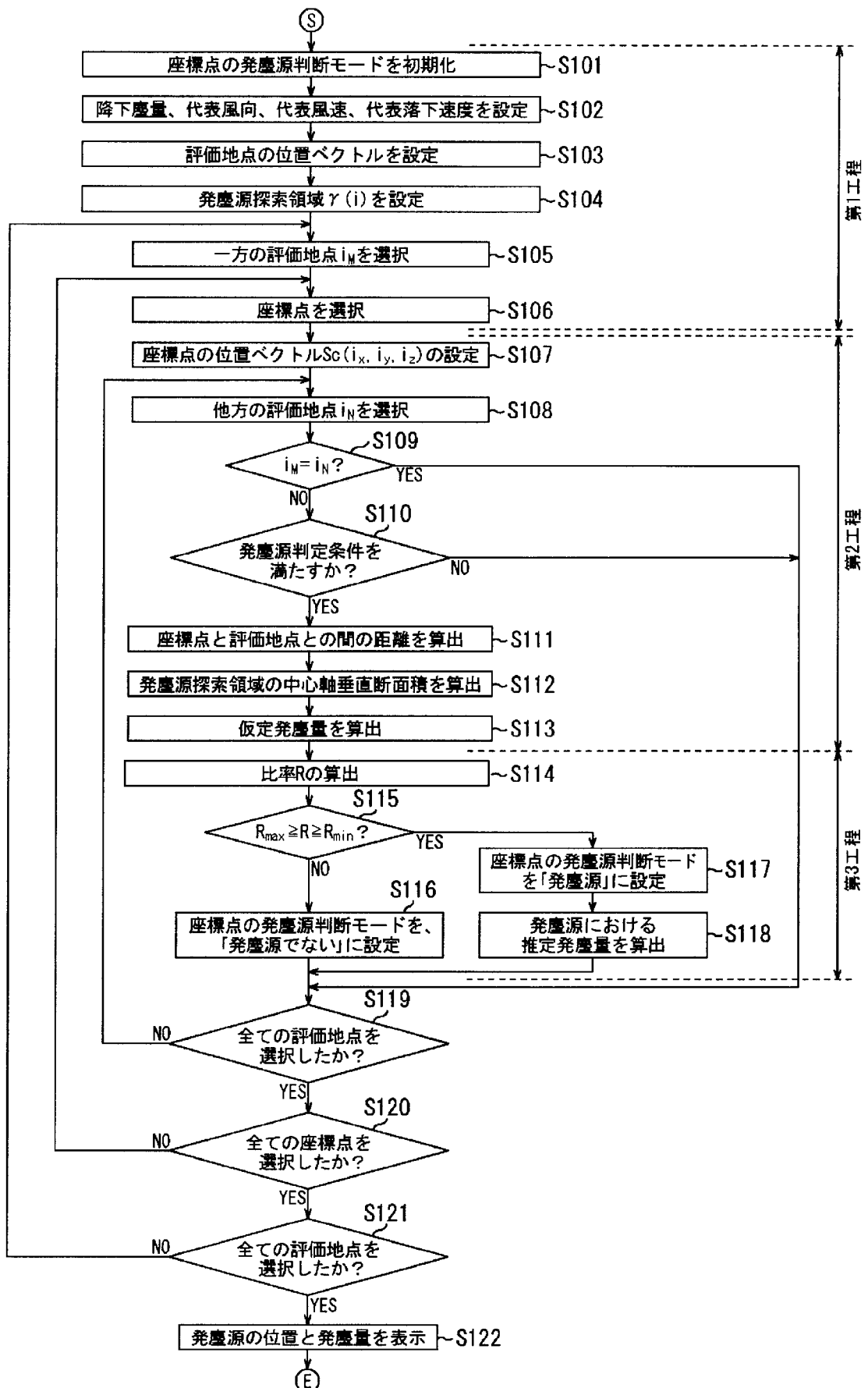
前記捕集された降下煤塵試料のうち、前記煤塵種分類工程で分類されたいずれかの前記煤塵種に対応する部分の降下煤塵の質量を前記降下煤塵量 M とする；

ことを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の降下煤塵の非定常発塵源位置の探索方法。

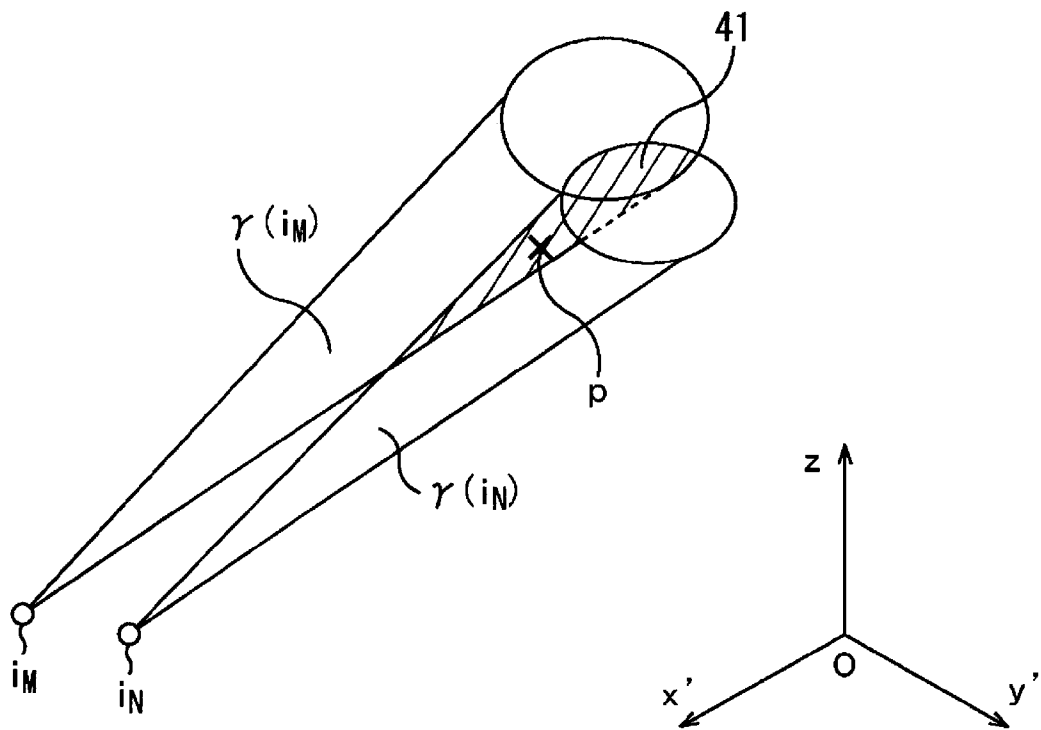
[図1]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01W1/00(2006.01) i, G06Q10/04(2012.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01W1/00-1/18, G01N15/00-15/14, G06Q10/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-170112 A (The Kansai Coke and Chemicals Co., Ltd.), 17 June 2004 (17.06.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2003-255055 A (Hitachi Engineering Co., Ltd.), 10 September 2003 (10.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2010-210318 A (JFE Steel Corp.), 24 September 2010 (24.09.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 July, 2012 (17.07.12)

Date of mailing of the international search report
31 July, 2012 (31.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061974

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/001925 A1 (Nippon Steel Corp.), 07 January 2010 (07.01.2010), entire text; all drawings & CN 102077076 A & KR 10-2011-0022640 A	1-10
A	Kunihiko OTSUKA et al., "Air Pollution Countermeasures by Using Dust Dispersion Simulation Model", Sumitomo Kinzoku, 1994.04, vol.46, no.2, pages 82 to 88	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01W1/00(2006.01)i, G06Q10/04(2012.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01W1/00-1/18, G01N15/00-15/14, G06Q10/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus (JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-170112 A (関西熱化学株式会社) 2004. 06. 17, 全文全図 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2003-255055 A (日立エンジニアリング株式会社) 2003. 09. 10, 全文全図 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2010-210318 A (J F E スチール株式会社) 2010. 09. 24, 全文全図 (ファミリーなし)	1 - 1 0

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 秀直

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2

2 J

3 4 0 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2010/001925 A1 (新日本製鐵株式会社) 2010.01.07, 全文全図 & CN 102077076 A & KR 10-2011-0022640 A	1 - 1 0
A	大塚邦彦、他, 降下ばいじんシミュレーションモデルの開発とその適用, 住友金属, 1994.04, 第46巻 第2号, P. 82 - 88	1 - 1 0